



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



INFORME DE VIGILANCIA ESTRATÉGICA

Aprovechamiento de residuos
termoplásticos en procesos semi-industriales

Línea de INGENIERIA Y DISEÑO

Tecnoparque Nodo Manizales

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
SENA

Director General SENA
Alonso Prada Gil

Director Regional Caldas
Rodrigo Giraldo

Subdirector Centro de Procesos Industriales y
la Construcción – Manizales Caldas
Jesús Alfredo Chaparro

Coordinación
Dora Ruby Martínez
Dinamizadora Tecnoparque Nodo Manizales

Elaborado por:

Beatriz Elena Montes Castro
Christian Anibal Bonilla Giraldo
Leidy Natalia Gaviria Ocampo
Alvaro Alexander Tovar Espinel
Gestores INGENIERIA Y DISEÑO
Tecnoparque Nodo Manizales
2016

Todos los Derechos Morales reservados. Se autoriza la reproducción parcial o total de este documento para fines académicos y otros con la respectiva referencia y crédito a los autores. Lo anterior acogiéndonos a las filosofía de democratización del conocimiento y la Innovación Abierta promovida desde Tecnoparque Colombia Nodo Manizales.

INFORMACIÓN SOBRE LOS AUTORES

BEATRIZ ELENA MONTES CASTRO

Títulos

Diseñadora Industrial

Universidad Autónoma de Manizales

Especialista en diseño estratégico e innovación

Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín

Datos de contacto

Correo electrónico beamontes@misena.edu.co

Teléfono 57 (6) 8741246 extensión 62006 – Tecnoparque Nodo Manizales

CHRISTIAN ANIBAL BONILLA GIRALDO

Títulos

Diseñador Industrial

Universidad Católica de Pereira

Datos de contacto

Correo electrónico chrisbonilla246@gmail.com

Teléfono +57 (6) 8741246 extensión 62006 – Tecnoparque Nodo Manizales

LEIDY NATALIA GAVIRIA OCAMPO

Títulos

Ingeniería Industrial

Universidad Autónoma de Manizales

Especialización Tecnológica en formulación de proyectos

SENA

Datos de contacto

Correo electrónico natygaviria12@gmail.com

Teléfono +57 (6) 8741246 extensión 62006 – Tecnoparque Nodo Manizales

ALVARO ALEXANDER TOVAR ESPINEL

Títulos

Ingeniería Mecánico

Universidad de Ibagué

Especialización en Mecánica de materiales

Universidad de Ibagué

Datos de contacto

Correo electrónico alextovares@gmail.com

Teléfono +57 (6) 8741246 extensión 62006 – Tecnoparque Nodo Manizales

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	7
2. PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD Y JUSTIFICACIÓN	7
3. OBJETIVOS	8
3.1. Objetivo general	8
3.2. Objetivos específicos.....	8
4. ANTECEDENTES	8
4.1. Caracterización de los materiales	8
4.2. Procesos de transformación.....	10
4.3. Reciclaje en Colombia	14
5. DISEÑO METODOLÒGICO.....	17
5.1. Fuentes seleccionadas	17
5.1.1. Buscadores:.....	17
5.1.2. Buscadores académicos:	18
5.1.3. Buscador de patentes.....	18
5.2. Vigilancia Tecnológica.	19
6. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	19
6.1. Desarrollo en Universidades	19
6.2. Desarrollo en compañías/empresas	20
6.3. Patentes.....	20
8. PROGRAMAS DE FORMACIÓN	28
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
10. BIBLIOGRAFÍA	29

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de las principales rutas de reciclaje.	9
Figura 2. Esquema de la técnica de flotación/Hundimiento.	9
Figura 3. Esquema de separadores a) triboeléctrico y b) electrostático.....	10
Figura 4. Métodos más comunes de reciclaje de polímeros y su posición en el ciclo de la vida de una aplicación	13
Figura 5. Histórico de consumo de plásticos por la industria	16
Figura 6. Oficinas de patentes indexadas por WIPO en https://patentscope.wipo.int/	18
Figura 7. Número de patentes concedidas a Universidades entre 2006 y 2016.....	20
Figura 8. Número de patentes concedidas a Empresas entre 2006 y 2016	20

Figura 9. Número de patentes por país para el termino: Recycling of plastic machine.	21
Figura 10. Número de patentes concedidas entre 2006 y 2016 para el termino: Recycling of plastic machine.....	21
Figura 11. Número de patentes por país para el termino: Recycled Polymer machine	22
Figura 12. Número de patentes concedidas entre 2006 y 2016 para el termino: Recycled Polymer machine	22
Figura 13. Número de patentes por país para el termino: Plastic Recycling machine.....	22
Figura 14. Número de patentes concedidas entre 2006 y 2016 para el termino: Plastic Recycling machine.....	23
Figura 15. Publicación de documentos entre los años 2012 y 2016 para el termino: “Recycling of plastics”	24
Figura 16. Análisis de resultados de documentos publicados en Suramérica y principales del resto del mundo, entre los años 2012 y 2016 para el termino: “Recycling of plastics” .	24
Figura 17. Publicación de documentos entre los años 2012 y 2016 para el termino: “Recycled Polymers”	25
Figura 18. Análisis de resultados de documentos publicados en Suramérica y principales del resto del mundo, entre los años 2012 y 2016 para el termino: “Recycled Polymers”	26
Figura 19. Publicación de documentos entre los años 2012 y 2016 para el termino: “Plastics Recycling”	27
Figura 20. Análisis de resultados de documentos publicados en Suramérica y principales del resto del mundo, entre los años 2012 y 2016 para el termino: “Plastics Recycling”	27

Índice de Tablas

Tabla 1. Tipos de plástico y símbolo, porcentaje de material reciclado (2014) y aplicaciones comunes (Merrington, 2017).	10
Tabla 2. Ejemplos de tipo de reciclaje: Primario, Secundario y Terciario.	11
Tabla 3. Resumen de prestaciones proyecto “Precious Plastic”	14
Tabla 4. Total residuos generados (Toneladas / año), cantidad de reciclaje por empresas privadas y recicladores informales en Colombia, tasa de recuperación y Consumos de material reciclable.	15
Tabla 5. Consumo de resinas plásticas (Toneladas/Año)	16
Tabla 6. Tipos de residuos en generado en Colombia.	17
Tabla 7. Aprovechamiento de residuos plásticos.....	17
Tabla 8. Buscadores académicos.	18

1. INTRODUCCIÓN

Dada la versatilidad del plástico en la fabricación de productos para la industria y el consumo de las actividades humanas, su uso se ha incrementado de 1.5 millones de toneladas (mt) en 1950 a 299 mt en 2013, y se estima que su consumo se triplicará para 2050 (Sevigné-Itoiz, Gasol, Rieradevall, & Gabarrell, 2015). Una vez el material ha completado su uso específico se convierte en desecho, generando problemas ambientales que pueden perdurar cientos de años. Estos problemas se derivan tanto de la producción como del manejo de los residuos, en este aspecto tan solo los desechos presentes en los océanos pacífico y atlántico alcanzan 100 Mt, de las cuales el 80% es plástico (Sevigné-Itoiz et al., 2015). Como solución a los problemas generados por los residuos plásticos, el reciclaje de los mismos es una alternativa para reducir el impacto ambiental a largo plazo, reemplazando la producción de plástico virgen por plástico recuperado.

2. PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD Y JUSTIFICACIÓN

El aumento en el uso de materiales plásticos se da por que la sociedad ha encontrado en estos materiales grandes propiedades: piezoeléctricas, conductoras, de alta resistencia térmica y fotosensible, además del amplio espectro de productos que se puede fabricar con ellos. La economía actual se sostiene en una dinámica de consumo constante, lo cual hace que se extraigan recursos en una velocidad mayor a su producción y se generan más residuos de los que el planeta puede asimilar. En este contexto, no sólo se obtienen y transforman recursos naturales; también se genera una gran cantidad de residuos que la Tierra no puede asimilar.

Hoy en día es de gran preocupación la disposición final de los residuos plásticos, ya que la poca cultura Colombiana hace usual la práctica de tirar a la basura o a cielo abierto este tipo de material cuando ya ha terminado su ciclo de vida.

El reciclaje de materiales plásticos es una gran alternativa para minimizar el impacto ambiental. Con este documento se busca mediante vigilancia tecnológica determinar cuáles son los procesos de transformación que se deben llevar a cabo para aprovechar los residuos plásticos que son susceptibles de ser reciclados, como los son los materiales termoplásticos, caracterizando cada uno de estos materiales y buscando su aplicabilidad en la industria para fabricar otros productos.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Determinar mediante vigilancia tecnológica los procesos de transformación para el reciclaje de materiales termoplásticos.

3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los materiales termoplásticos.
- Establecer el estado del arte sobre los procesos de transformación del plástico reciclado para una producción semi industrial.
- Determinar proyectos para el desarrollo de maquinaria que se puedan implementar en procesos de transformación semi industrial de plástico reciclado.

4. ANTECEDENTES

4.1. Caracterización de los materiales

Generalmente los plásticos destinados a reciclaje se encuentran mezclados y de acuerdo a su uso final se define su ruta de procesamiento (Biron, 2016), en la cual una de sus etapas es la selección y separación del plástico de acuerdo a su tipo (*Merrington, 2017*), donde la mezcla de plásticos diferentes por procesamiento térmico puede producir pérdida de propiedades mecánicas en el plástico resultante o si estudia detalladamente estas propiedades pueden ser mejoradas (Siddique, Khatib, & Kaur, 2008).

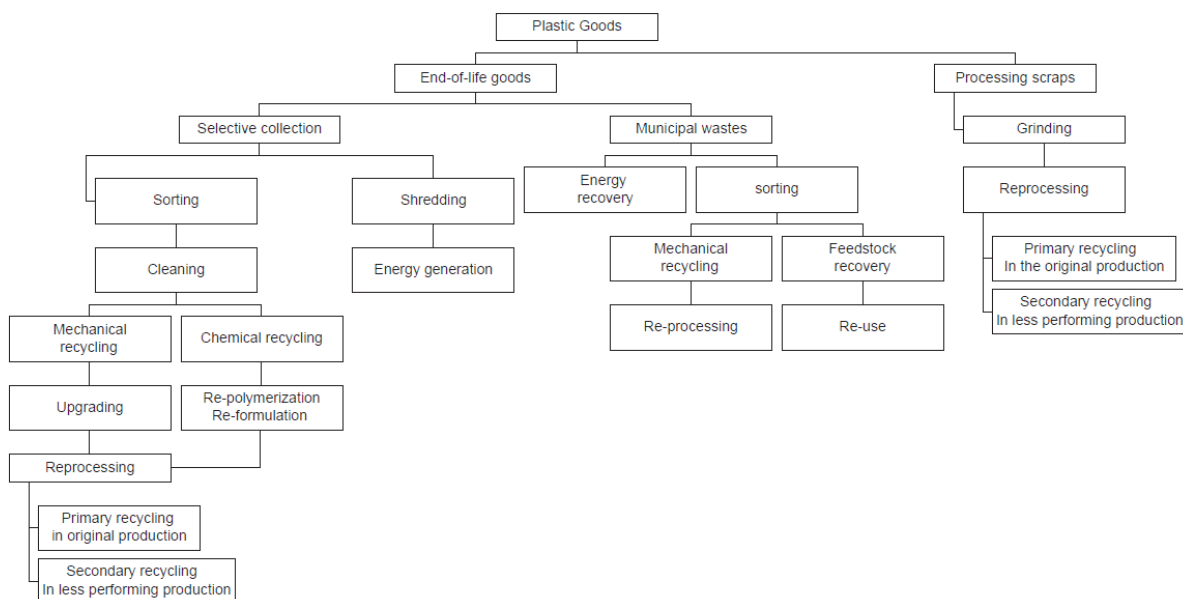


Figura 1. Diagrama de las principales rutas de reciclaje. (Biron, 2016)

Uno de los objetivos de este documento de vigilancia tecnológica es describir técnicas de caracterización de residuos plásticos de tipo semi industrial, entre las cuales se encuentra técnicas de tipo: Manual, por densidad, óptica y electrostática descritas en (Merrington, 2017).

Manual: Esta técnica utiliza la mano de obra y es la más básica usada en la separación de los residuos plásticos de otros componentes y la más empleada alrededor del mundo. La separación del material se realiza mediante inspección individual de los residuos y se ordenan de acuerdo a características predefinidas. Por ejemplo, la mayoría de empaques de leche y botellas plásticas pueden ser identificas de forma visual utilizando la codificación designada por la Sociedad Industrial de Plástico (SPI).

Densidad: El principio básico de esta técnica utiliza densidad de diferentes plásticos en un medio líquido almacenado en un tanque (p. ej. Agua). Los residuos plásticos una vez inmersos son separados por flotación (Float) para los plásticos con baja densidad y hundimiento (Sink) para plásticos con mayor densidad que el líquido.

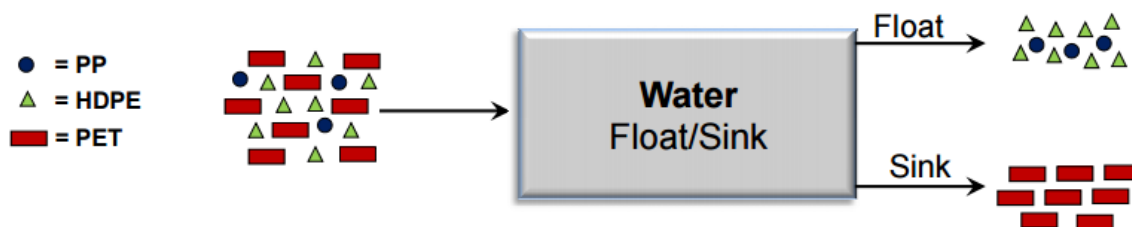


Figura 2. Esquema de la técnica de flotación/Hundimiento (Flores, 2013).

Si la densidad del líquido puede ser controlada el resultado de la separación es más selectivo.

Óptico: Sensores ópticos de tipo CCD pueden ser usados para separar plásticos de color o transparentes e incluso con la ayuda del procesamiento digital de imágenes, identificar concentraciones de otros materiales embebidos en el plástico (Lopez-Molinero, Liñan, Sipiera, & Falcon, 2010).

Electrostática: Los separadores electrostáticos utilizan electrodos para cargar eléctricamente las hojuelas de los residuos plásticos de diferentes orígenes, una vez cargadas eléctricamente (positiva o negativamente) el plástico con carga eléctrica similar es separado (positivo), como el mostrado en Figura 3, para el cual el rango del voltaje aplicado a los electrodos se encuentra entre: a) -68kV hasta +68 kV y b) 14,5 kV hasta 17,5 kV.

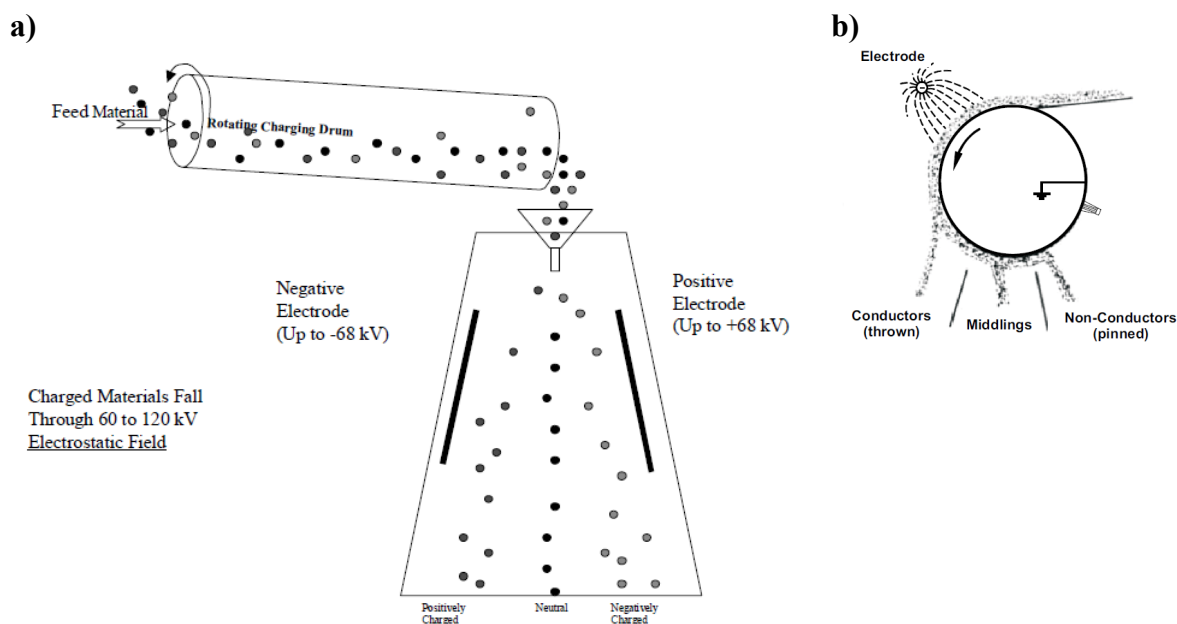









Figura 3. Esquema de separadores a) triboeléctrico (Xiao, Allen, Biddle, & Fisher, 1999) y b) electrostático (Bedeković, Salopek, & Sobota, 2011).

4.2. Procesos de transformación

Los plásticos que utilizamos en la industria y en el consumo diario están hechos de polímeros (macromoléculas generalmente orgánicas). A continuación, se listan los polímeros más comunes, para los cuales de acuerdo a la codificación designada por la Sociedad Industrial de Plástico (SPI) se les asigna un número para facilitar su identificación, como se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1. Tipos de plástico y símbolo, porcentaje de material reciclado (2014) y aplicaciones comunes (Merrington, 2017).

Resina	Símbolo SPI	Porcentaje Recuperado (%)	Aplicaciones comunes
PET		19.5	Fiber (clothing, carpet), film (balloons, packaging, thermal sheets, adhesive backing), bottles (pop, water), cosmetics packaging and food containers.
HDPE		10.3	Nonfood containers (laundry detergent, shampoo, conditioner, and motor oil bottles) plastic lumber, pipe, buckets, crates, flowerpots, film, recycling bins and floor tiles.
PVC		<1	Packaging, loose-leaf binders, decking, paneling, gutters, mud flaps, film, floor tiles and mats, traffic cones, electrical equipment, garden hoses and mobile home skirting.
LDPE		5.3	Shipping envelopes, garbage can liners, floor tile, plastic lumber, food wrapping film, shopping bags, compost bins, dry cleaning bags and trashcans.
PP		<1	Automobile battery cases, signal lights, brooms, oil funnels, brushes, ice scrapers, condiment bottles, margarine containers, yogurt containers, bicycle racks and rakes.
PS		<1	Thermometers, light switch plates, thermal insulation, egg cartons, vents, rulers, license plate frames, foam packing, take-out food containers and disposable cutlery.
Other		<1	Polycarbonate (refillable plastic bottles, baby bottles, metal food can liners, consumer electronics, lenses); nylons (clothing, carpets, gears); biodegradable resins (food and beverage packaging); mixed plastics and blends (electronics housing, plastic lumber), etc.

De acuerdo al uso final del plástico recuperado, se puede clasificar en cuatro tipos de reciclaje de plásticos (ASTM D7209 - 06: Standard Guide for Waste Reduction, Resource Recovery, and Use of Recycled Polymeric Materials and Products, 2006):

Reciclaje primario: El plástico recuperado es usado en productos con rendimiento y características equivalentes a los realizados con el plástico virgen original. Idealmente aquí se tiene un ciclo cerrado de su uso, donde el material recuperado es usado de vuelta en la aplicación original.

Reciclaje secundario: El plástico recuperado es usado en productos con menos requisitos de rendimiento que su aplicación original. Este tipo de reciclaje con frecuencia requiere reformular su fabricación para cumplir las especificaciones de un nuevo producto.

Reciclaje terciario: Los residuos plásticos son utilizados como materia prima en procesos que como resultado generan químicos y combustibles.

Reciclaje cuaternario: La energía es recuperada a partir de los residuos plásticos por incineración, es decir el plástico es usado como combustible con la finalidad de reciclar energía.

Tabla 2. Ejemplos de tipo de reciclaje: Primario, Secundario y Terciario.

Tipo de reciclaje	Ejemplo	Notas adicionales
-------------------	---------	-------------------

Primario	PET es usado en las botellas plásticas y sus residuos recuperados para la producción de nuevas botellas	Proceso: Separación → Limpieza → Peletizado (triturado). Para maquinaria asociada al proceso ver: (“How Plastic Recycling Equipment Works,” 2009)
Secundario	Termoestables (plásticos contaminados) y azulejo para pisos.	En el proceso no se realiza la separación y limpieza. Se mezclan plásticos (u otros materiales) de diferente tipo y origen.
Terciario	Glicólisis de PET o despolimerización del plástico mediante glucolisis para la producción de químicos básicos y combustibles.	El proceso realiza cambios químicos y físicos en el plástico, mediante métodos de: pirolisis, gasificación, metanólisis y glucolisis.

Este documento se centra el reciclaje primario y secundario por su facilidad y costo en su implementación, donde los plásticos son reutilizados mas que convertidos en químicos o combustibles. En cuanto al reciclaje terciario y cuaternario son alternativas válidas teniendo en cuenta que pueden generar energía con residuos contaminantes gaseosos (que pueden ser mínimos), y la alta inversión económica requerida para la construcción de las plantas, pero en los cuales el plástico en sí mismo deja de existir.

Métodos de reciclaje

La producción de materiales polímeros siempre ha estado asociada al reto de su utilización posterior, una vez ha finalizado su ciclo de uso. Si la tecnología asociada al reciclaje se atrasa, implica millones de toneladas de residuos acumulados una vez ha finalizado el ciclo de uso del material. Por esta razón la implementación de métodos reciclaje económicos son de alta importancia, dado que benefician tanto al mercado como al medio ambiente (Ignatyev, Thielemans, & Vander Beke, 2014).

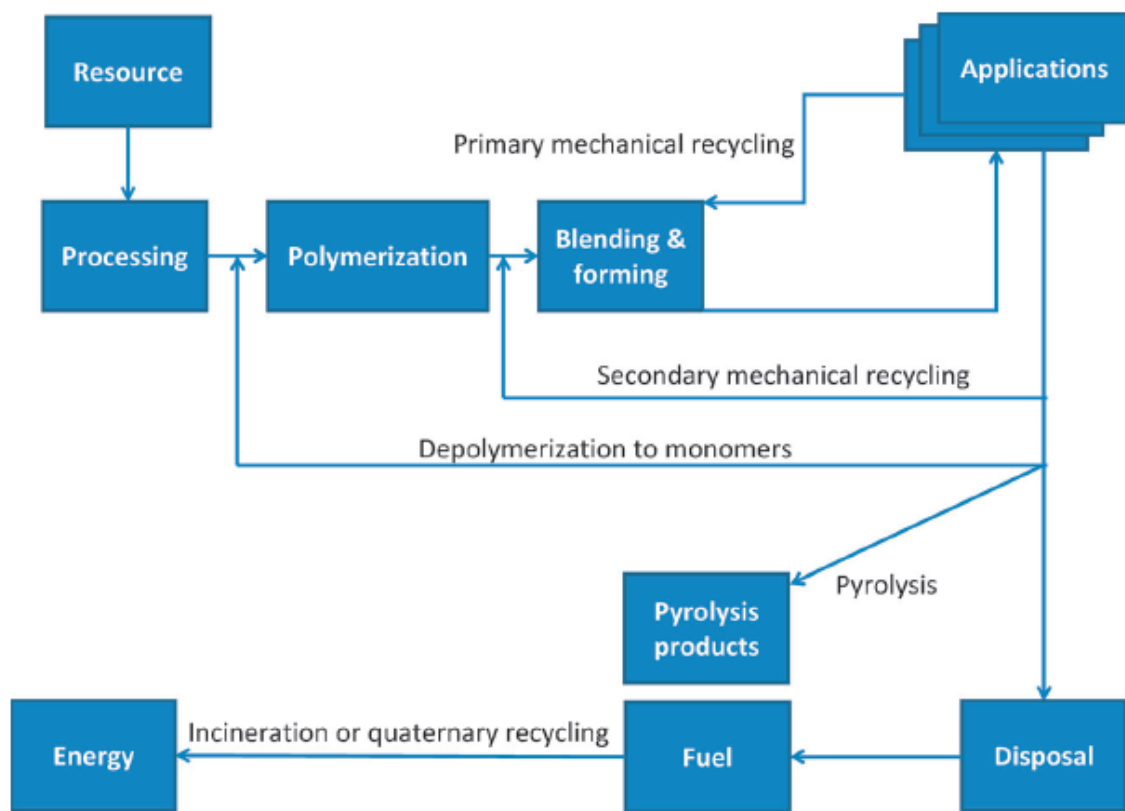


Figura 4. Métodos más comunes de reciclaje de polímeros y su posición en el ciclo de la vida de una aplicación (Ignatyev et al., 2014).

Los métodos más comunes de reciclaje son: mecánico, químico y combustión (térmico). Resumidos en la Figura 4 y descritos a continuación:

Reciclaje mecánico primario: Comprende el re-uso directo del polímero desechado en un nuevo producto sin pérdida de propiedades. En la mayoría de los casos este proceso es llevado a cabo por el fabricante, por lo cual es denominado reciclaje en ciclo cerrado. Algunas de las complicaciones que se presentan en esta categoría son: la selección y recolección manual del material reciclable.

Antes de la integración del material reciclado en un nuevo producto, normalmente se requiere limpieza y Peletizado (triturado), lo cual hace al material más homogéneo y fácil de manipular con aditivos y otros polímeros para un posterior procesamiento.

Los métodos más conocidos de este tipo de procesado (reciclaje mecánico) son: moldeo por inyección, extrusión, moldeo rotacional y prensado térmico. Sin embargo, solo los polímeros termoplásticos como: PP, PET, y PVC pueden ser normalmente reciclados.

Reciclaje mecánico secundario: El polímero no cambia durante el reciclaje secundario, pero puede producirse una reducción de las propiedades mecánicas, e implica separación y purificación en contraste con el reciclaje primario, en el cual normalmente sólo se pueden reprocessar los polímeros termoplásticos. Otra razón para la pérdida de las propiedades

mecánicas después del reciclado, es la contaminación del polímero principal (matriz) con otros polímeros. La mayoría de los polímeros no son compatibles entre sí (es decir, sus mezclas tienen propiedades mecánicas que son inferiores a las de los constituyentes puros). Por ejemplo, el PET son impurezas en PVC, en las que se forman grumos de PET sólidos en la fase de PVC. Esto conduce a propiedades significativamente degradadas y consecuentemente a productos finales menos valiosos.

La separación eficiente de los diferentes materiales antes de la integración es una solución, que puede ser implementada por: espectroscopia de infrarrojo cercano que se utiliza con frecuencia para determinar el tipo de polímero, mientras que una cámara óptica de reconocimiento de color es una herramienta popular para separar los materiales claros y coloreados unos de otros, la detección de rayos X se utiliza para identificar y posteriormente aislar PVC. También es posible separar diferentes tipos de plástico entre sí, utilizando electrostática.

Otros métodos: A continuación se mencionan métodos adicionales que pueden ser revisados en detalle en las referencias indicadas: compatibilización (Merrington, 2017), incineración y degradación biológica (Ignatyev et al., 2014), reciclaje químico, reciclaje térmico, recuperación de energía y despolimerización (Biron, 2016).

Caso de estudio: Precious Plastic

Realizado por el diseñador alemán, Dave Hakkens, Precious Plastic es un guía open source para la construcción de 4 máquinas de re-procesamiento de plástico. El diseño incluye una trituradora (shredder), una extrusora (extruder) y moldes de inyección y compresión (injection and compression moulder). La máquina puede es capaz de producir plástico para usos variados e incluso filamento plástico reciclado para uso en impresoras 3D (Hunt & Charter, 2016).

Tabla 3. Resumen de prestaciones proyecto “Precious Plastic”

Resumen de prestaciones	
Principio básico	Aplicación de calor para moldear plástico.
Ventajas	Bajo costo, fabricación simple, materiales accesibles de alta disponibilidad.
Capacidad de procesamiento	La mayoría de residuos plásticos derivados de empaques y botellas.
Página web del proyecto	https://preciousplastic.com/en/
Repositorio de archivos fuente para su construcción	https://github.com/hakkens

4.3. Reciclaje en Colombia

El documento: *"Estudio nacional de reciclaje: Aproximación al mercado de reciclables y las experiencias significativas"*, realizado por Aluna Consultores Limitada, en abril de 2011 para CEMPRE Colombia (Compromiso Empresarial para el Reciclaje). CEMPRE es una asociación civil sin ánimo de lucro fundada en 2009 por empresas que pretenden contribuir al incremento de los índices de reciclaje en Colombia. Actualmente CEMPRE está conformada por: Alpina, Bavaria, Carvajal Empaques, Cencosud, Coca Cola, Grupo Familia, Natura Cosméticos, O-I Peldar, Tetra Pak, Unilever y Esentia by Propilco.

En este estudio se determinó que para abordar el tema de reciclaje se debe tener en cuenta que el grado de acumulación de material reciclable es proporcional al tamaño de la ciudad y que las operaciones relacionadas se rigen bajo los segmentos de recolectores, bodegas y acopiadores especializados, por lo cual se debe tener en cuenta la cantidad de residuos generados en todo el territorio colombiano y la cantidad recuperada para reciclaje. En la Tabla 4 se resumen datos del total residuos generados al año, la cantidad de reciclaje realizado tanto por empresas privadas como por recicladores informales en Colombia y la tasa de recuperación (material reciclado).

Tabla 4. Total residuos generados (Toneladas / año), cantidad de reciclaje por empresas privadas y recicladores informales en Colombia, tasa de recuperación y Consumos de material reciclable.

Total residuos (Ton. /Año)	Informales			Empresas Privadas			% de Tasa recuperación	Consumos reciclables (Ton.)
	Ton.	%	Aporte	Ton.	%	Aporte		
9.4	986.291	8,7	52,5	893.726	7,9	47, 5	16,5	1.880.018

El incremento de la Demanda de plástico por parte de la Industria en los últimos años (2005-2011), ha presentado un incremento comprendido entre 170 a 219 Toneladas/Año, que para el año 2020 puede alcanzar las 280 Toneladas/Año de acuerdo a la proyección del histórico de datos.

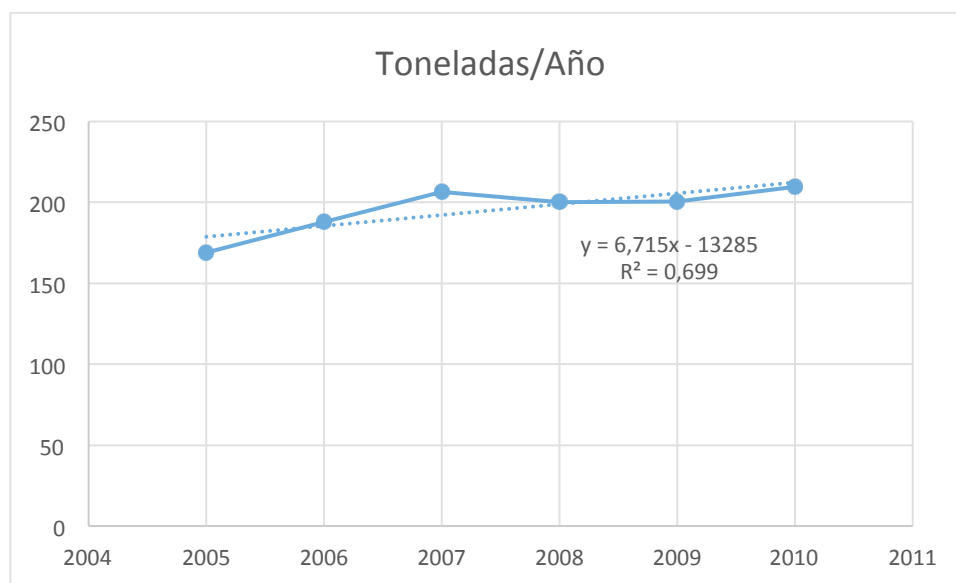


Figura 5. Histórico de consumo de plásticos por la industria (2005-2010)

Si bien, el mercado del plástico es el más complejo, además de la cual menos información se posee, dado que su demanda es dispersa y atiende a múltiples mercados, principalmente en la producción de productos como adornos, aglutinado, aisladores, anillados, separadores, bancas, bolsa plástica, canoas, carpetas, folders, legajadores, carretillas, comederos, bebederos, corrales, perreras, escobas, cepillos, traperos, estacones, estibas, ganchos, hojuela, madera plástica, maletas, mangueras, monofilamentos, parques infantiles, pegantes, pellet, película, perflería, pincel, pisos, postes plásticos, preformas plásticas, tuberías, uniones, varetas y zuncho. Y empresas como CODESARROLLO, COPERENKA, Aproplast y ENKA son ejemplo de ello.

En las últimas de tres décadas se registró un crecimiento en la Industria Colombiana de plástico, dado que registro de promedio equivale a 7%. Es así que el consumo aparente de las resinas plásticas en Colombia para el año 2009 fue de 859,000 toneladas. En el Tabla 5 se muestra la evolución de dicho incremento.

Tabla 5. Consumo de resinas plásticas (Toneladas/Año)

Resina	2002	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Polietileno de baja densidad	148	140	155	167	180	170	177
Polietileno de alta densidad	86	92	96	107	118	112	102
Polímeros de propileno	145	170	180	198	216	212	205
Poliestirenos	35	48	50	53	56	56	60
Policloruro de vinilo	131	130	145	163	182	175	175
Resinas PET para envases y láminas	20	30	38	46	54	58	70
Otras resinas	37	40	45	575	70	70	70
TOTAL	602	650	709	792	876	853	859

Nota: Las resinas de Polietileno de baja densidad y Polipropileno registran un mayor uso por la industria de plástico colombiana con 80,39 % y el Polietilen Tereftalato con un 72,55%.

Ahora bien, se conoce la cantidad de residuos totales generados, pero el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, entrega en las fichas de residuos sólidos municipales, que comprende a 22 ciudades estudiadas, el promedio ponderado por tipo de residuos, los cuales corresponden a:

Tabla 6. Tipos de residuos en generado en Colombia.

Plástico	Residuos de comida y poda	Productos de papel	Cartón	Vidrio	Productos metálicos	Inorgánicos e higiénicos
12,83%	59,58%	4,75 %,	3,65 %	2,35%	1,10%	15,74%

Siendo las ciudades de Bogotá, Manizales y Cúcuta quienes generan grandes cantidades de residuos de plásticos con unos porcentajes de 19,91%, 19, 03% y 17,76% respectivamente, dado a sus características de mayor población y desarrollo.

Mientras que el aprovechamiento del potencial de residuos plásticos equivale a:

Tabla 7. Aprovechamiento de residuos plásticos

Ciudad	Total de Residuos Dispuestos Tn/Día	Potencial Plástico
Bogotá	5.890,00	1120,87
Manizales	235,00	46,78
Cúcuta	514,40	91,36.

Donde el plásticos se encuentra entre los que tiene mayor potencial de aprovechamiento con 51, 97%, mientras que el papel 19,25; 14,12 cartón; 9,53% Vidrio y 4,45 Metales en las 22 ciudades estudiadas.

A partir de 1997 se diseñó la Política de Manejo Integral de Residuos Sólidos, cuyas medidas reglamentan el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos. Pese a esta política, en la actualidad aún se siguen presentan problemas para la selección y posterior tratamiento, dada a la baja cobertura de la separación en la fuente y la gran variedad de plástico que existe en el mercado, lo cual dificulta la identificación por parte del reciclador. De ahí la importancia de que ACOPLASTICOS ofrezca información pertinente no solo a las 51 empresas a nivel nacional, sino a todos los interesados, de esta manera los procesos relacionados con la recolección, compra, selección, acondicionamiento, clasificación, empaque, transporte, comercialización de residuos plásticos serán efectivos. A lo cual se le suma el apoyo de prácticas más amigables con el medio ambiente y políticas de responsabilidad social, además de los requerimientos legales como en los programas de certificación ISO

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1. Fuentes seleccionadas

5.1.1. Buscadores:

Motor de búsqueda de Google

5.1.2. Buscadores académicos:

Tabla 8. Buscadores académicos.

Nombre	Página Web	Authentication
Scopus	https://www.scopus.com	Si
Web of Science	apps.webofknowledge.com	Si
Google Scholar	scholar.google.es	No

5.1.3. Buscador de patentes

PATENTSCOPE: Es un sistema de búsqueda de patentes gratuito que ofrece la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) y que proporciona acceso a millones de documentos de patentes y comprende:

- Solicitudes internacionales de patente presentadas con arreglo al PCT (Tratado de Cooperación en materia de Patentes)
- Colecciones nacionales y regionales de patentes de diversos países y organizaciones participantes, entre los que se encuentran los siguientes:

- | | |
|--|--|
| • ARIPO (Organización Regional Africana de la Propiedad Intelectual) | • URSS |
| • Alemania | • Guatemala |
| • Alemania (datos Rep. Dem. Alem.) | • Honduras |
| • Argentina | • Israel |
| • Bahrein | • Japón |
| • Brasil | • Jordania |
| • Canadá | • Kenya |
| • Chile | • LATIPAT |
| • China | • Marruecos |
| • Colombia | • México |
| • Costa Rica | • Nicaragua |
| • Cuba | • Oficina Eurasiática de Patentes (EAPO) |
| • Ecuador | • Oficina Europea de Patentes (OEP) |
| • El Salvador | • Panamá |
| • Egipto | • Perú |
| • Emiratos Árabes Unidos | • Portugal |
| • España | • República de Corea |
| • Estados Unidos de América | • República Dominicana |
| • Estonia | • Singapur |
| • Federación de Rusia | • Sudáfrica |
| • Federación de Rusia (datos de la | • Uruguay |
| | • Viet Nam |

Figura 6. Oficinas de patentes indexadas por WIPO en <https://patentscope.wipo.int/>

Derwent Innovations Index: Es una herramienta de la plataforma de Thomson Reuters Web of Science, que facilita la búsqueda rápida y precisa de patentes, citas de inventos en ingeniería química, eléctrica, electrónica y mecánica.

5.2. Vigilancia Tecnológica.

La vigilancia tecnológica regulada por la norma: UNE 166006:2011 Gestión de la I+D+i (Sistema de Vigilancia Tecnológica) publicada por la entidad normalizadora AENOR tiene por objeto facilitar la formalización y estructuración de proceso de escucha y observación del entorno para apoyar la toma de decisiones a todos los niveles de la organización (AENOR, 2011). Comprende la selección, obtención, análisis y presentación de la información, a partir de fuentes formales e informales que sirvan de soporte para la toma de decisiones (JC, ML, & Carrasco, 2012).

En este documento fue analizado el estado del arte de técnicas relacionadas con el reciclaje mecánico y fueron mencionados otros métodos alternativos, se realizó un análisis cuantitativo del estado actual del reciclaje en Colombia y a continuación se muestran indicadores bibliométricos en cuanto a patentes desarrolladas en universidades, empresas, y país en los últimos 10 años. Así como también históricos del número de publicación de artículos y una comparativa de países suramericanos y del resto del mundo.

6. RECOLECCIÓN DE DATOS

A continuación, se muestran indicadores referentes al desarrollo tecnológico en el tema de reciclaje de plástico. Los indicadores seleccionados son patentes registradas y concedidas tanto a universidades como a empresas en los últimos 10 años (2006-2016).

6.1. Desarrollo en Universidades

Registros totales: 4,795. Tema: (plastic recycling)

Field: Assignee Name	Record Count	% of 87
UNIV SHIHEZI	11	12.644 %
UNIV ZHEJIANG	9	10.345 %
UNIV SOUTH CHINA TECHNOLOGY	8	9.195 %
UNIV BEIJING CHEM TECHNOLOGY	6	6.897 %
UNIV GANSU AGRIC	6	6.897 %
UNIV GUIZHOU	6	6.897 %
UNIV NANCHANG	6	6.897 %
UNIV CHANGZHOU	5	5.747 %
UNIV GUANGDONG TECHNOLOGY	5	5.747 %
UNIV NORTHEAST FORESTRY	5	5.747 %

Figura 7. Número de patentes concedidas a Universidades entre 2006 y 2016

6.2. Desarrollo en compañías/empresas

Registros totales: 4,795. Tema: (plastic recycling)

Field: Assignee Name	Record Count	% of 4795
SHARP KK	31	0.647 %
MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD	20	0.417 %
JIESHOU CHENGMING PLASTIC IND CO LTD	16	0.334 %
EREMA	15	0.313 %
EREMA ENG RECYCLING MASCH & ANLAGEN	15	0.313 %
EREMA ENG RECYCLING MASCH & ANLAGEN GMBH	15	0.313 %
KRONES AG	15	0.313 %
LIU Z	15	0.313 %
WANG X	13	0.271 %
CHENGDU YIXI SCI&TECHNOLOGY MANGEMENT	12	0.250 %

Figura 8. Número de patentes concedidas a Empresas entre 2006 y 2016

6.3. Patentes

Para el análisis de patentes, se utilizó la herramienta Patentscope ofrecida por WIPO (World Intellectual Property Organization) que agrupa gran parte de las bases de datos de patentes en el mundo.

Relevancia de los términos de búsqueda: Para una búsqueda refinada de patentes se utilizaron tres términos de búsqueda: Recycling of plastic machine, Recycled Polymers machine y Plastic Recycling machine. Y con esto determinar la palabra clave que agrupe el mayor número de resultados como se muestra a continuación:

- **Recycling of plastic machine (Total = 110)**

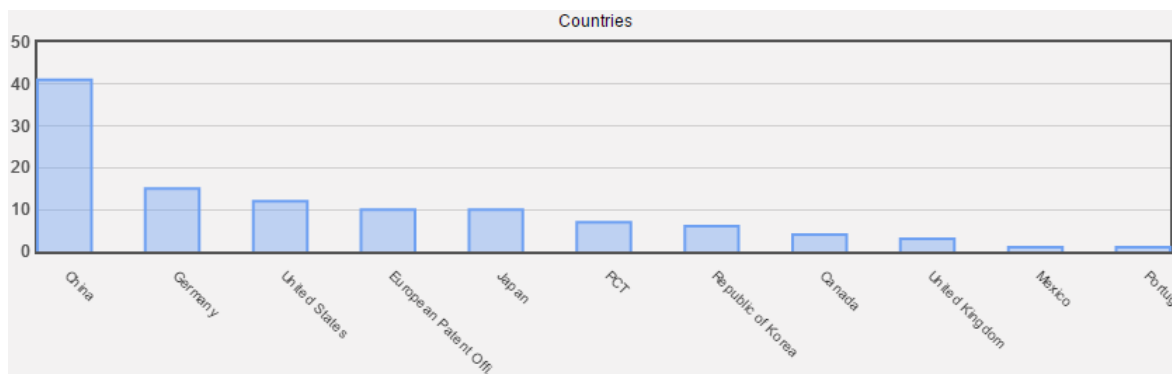


Figura 9. Número de patentes por país para el termino: Recycling of plastic machine.

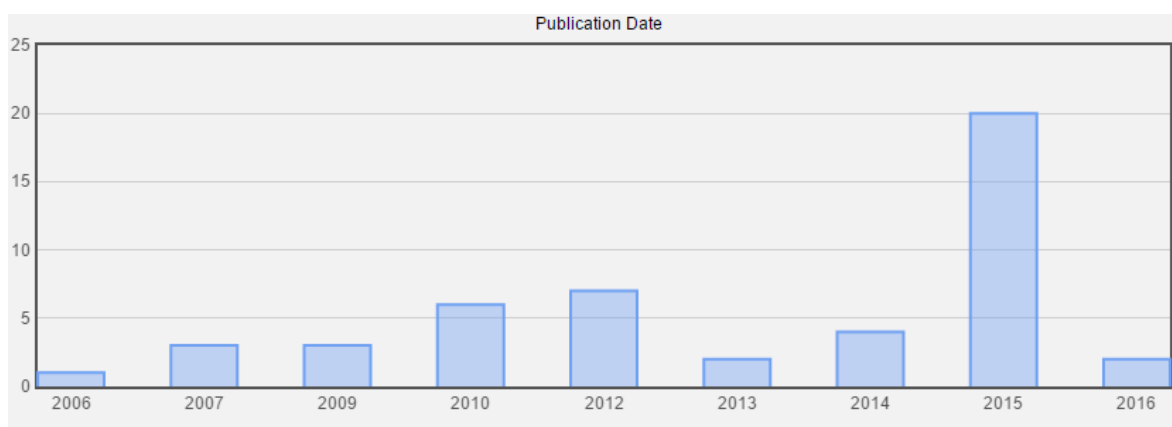


Figura 10. Número de patentes concedidas entre 2006 y 2016 para el termino: Recycling of plastic machine.

- **Recycled Polymer machine (Total=33)**

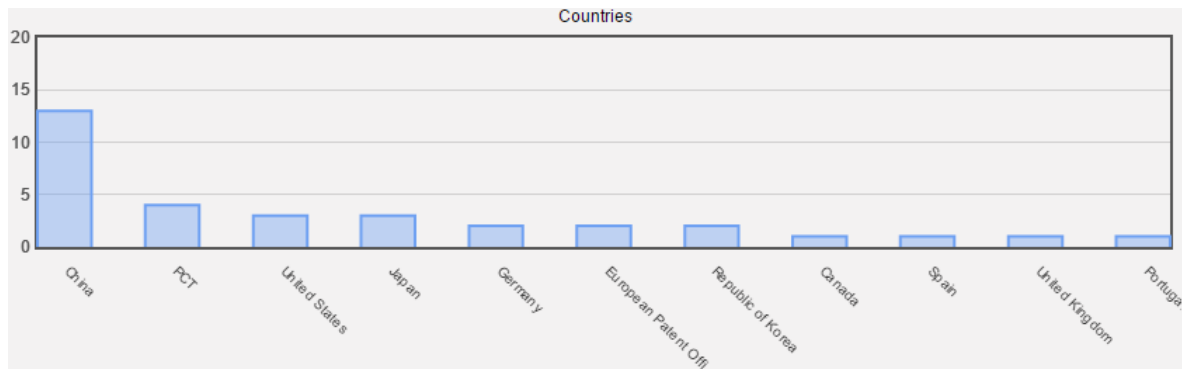


Figura 11. Número de patentes por país para el termino: Recycled Polymer machine

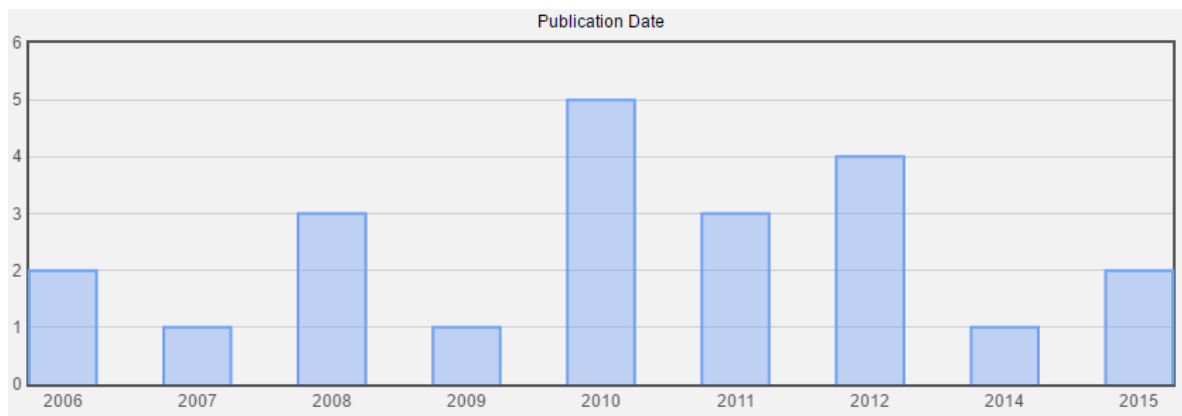


Figura 12. Número de patentes concedidas entre 2006 y 2016 para el termino: Recycled Polymer machine

- **Plastic Recycling machine (Total=394)**

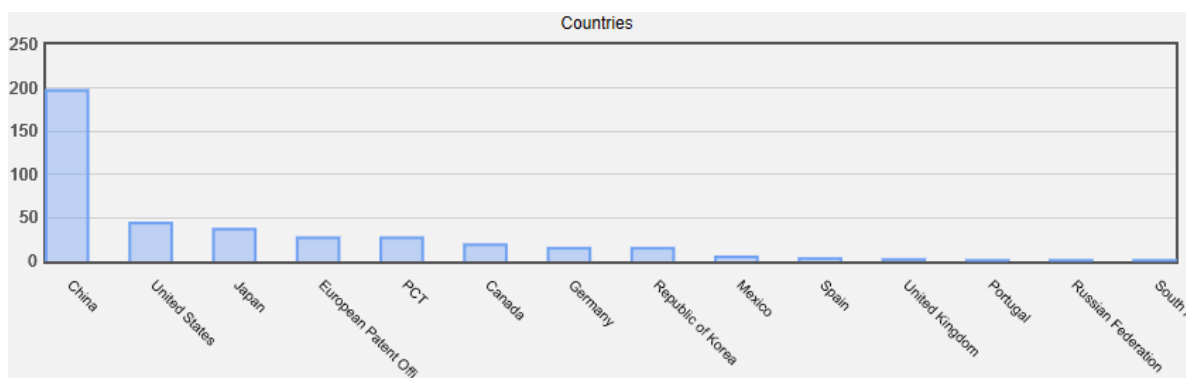


Figura 13. Número de patentes por país para el termino: Plastic Recycling machine

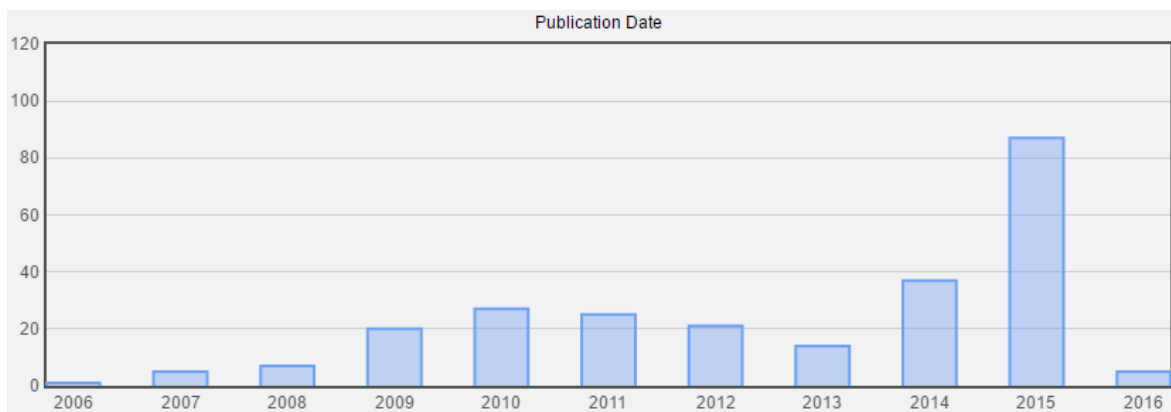


Figura 14. Número de patentes concedidas entre 2006 y 2016 para el termino: *Plastic Recycling machine*

7. BIBLIOMETRÍA, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Para el análisis de los datos referente a la bibliometría fueron analizados 3 términos de búsqueda en la base de datos Scopus: Recycling of plastics, Recycled Polymers, Plastics Recycling. Los resultados obtenidos en cuanto a número de artículos publicados entre 2012 y 2016, son comparados con países suramericanos y países del resto del mundo como se muestra a continuación:

- **Recycling of plastics**

Scopus
Search Sources Alerts Lists Help Register

Document search

Documents Authors Affiliations Advanced

Search recycling of plastics
Article title, Abstract, Keywords

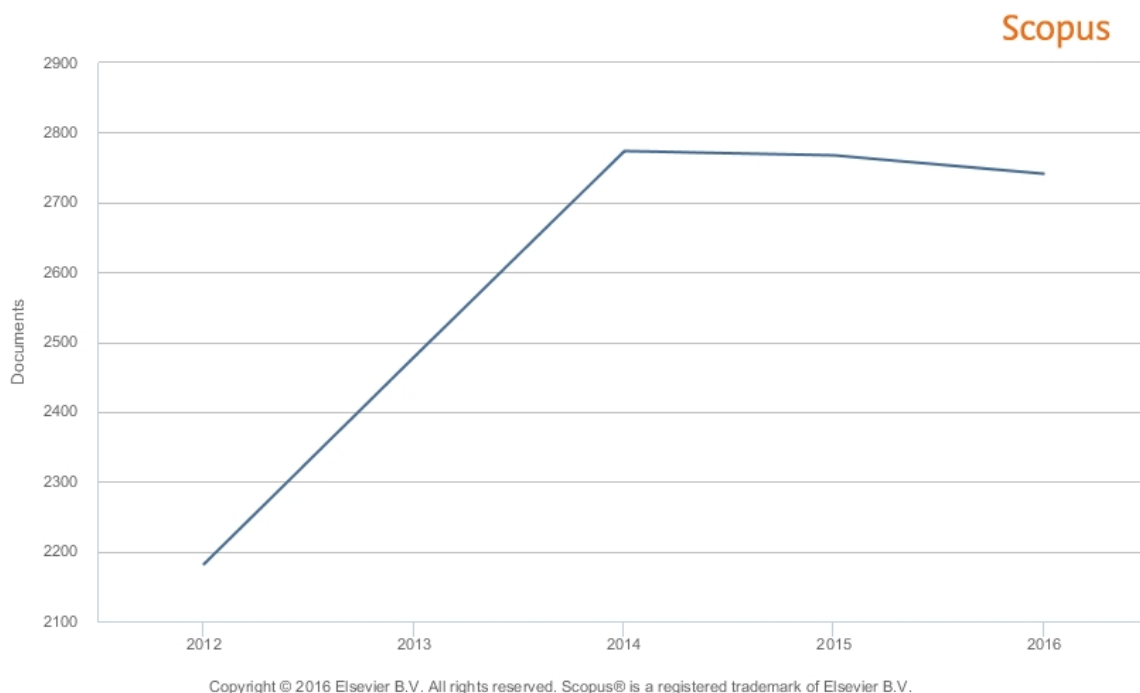


Figura 15. Publicación de documentos entre los años 2012 y 2016 para el termino: “Recycling of plastics”

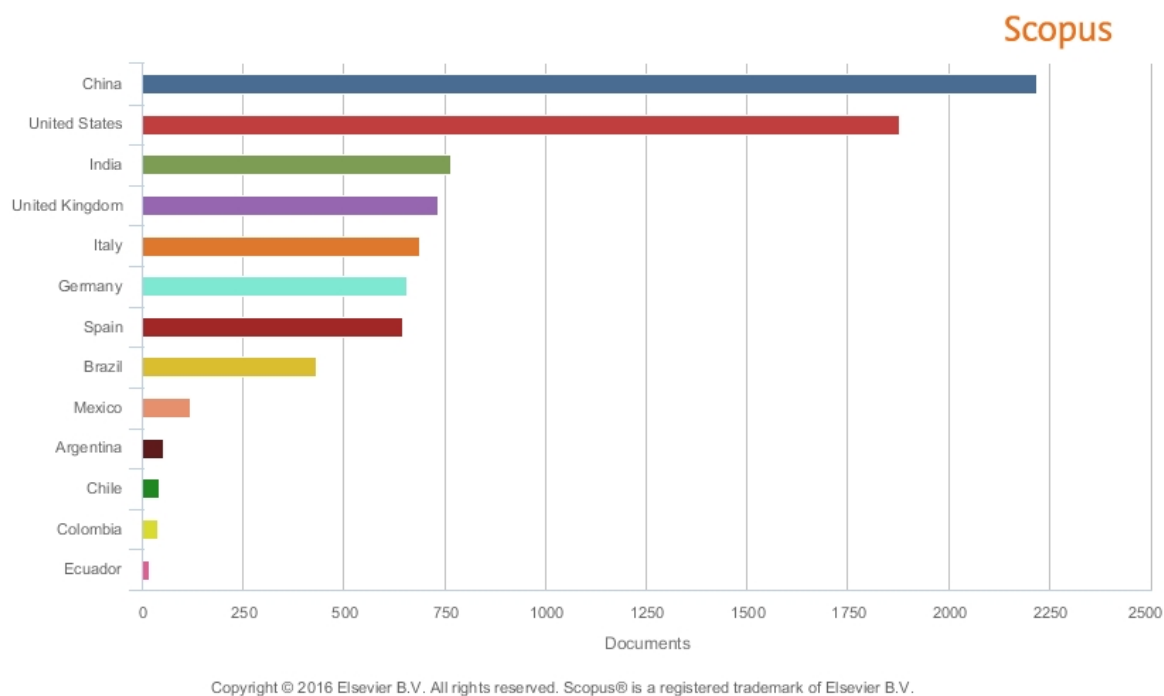


Figura 16. Análisis de resultados de documentos publicados en Suramérica y principales del resto del mundo, entre los años 2012 y 2016 para el termino: “Recycling of plastics”

- **Recycled Polymers**

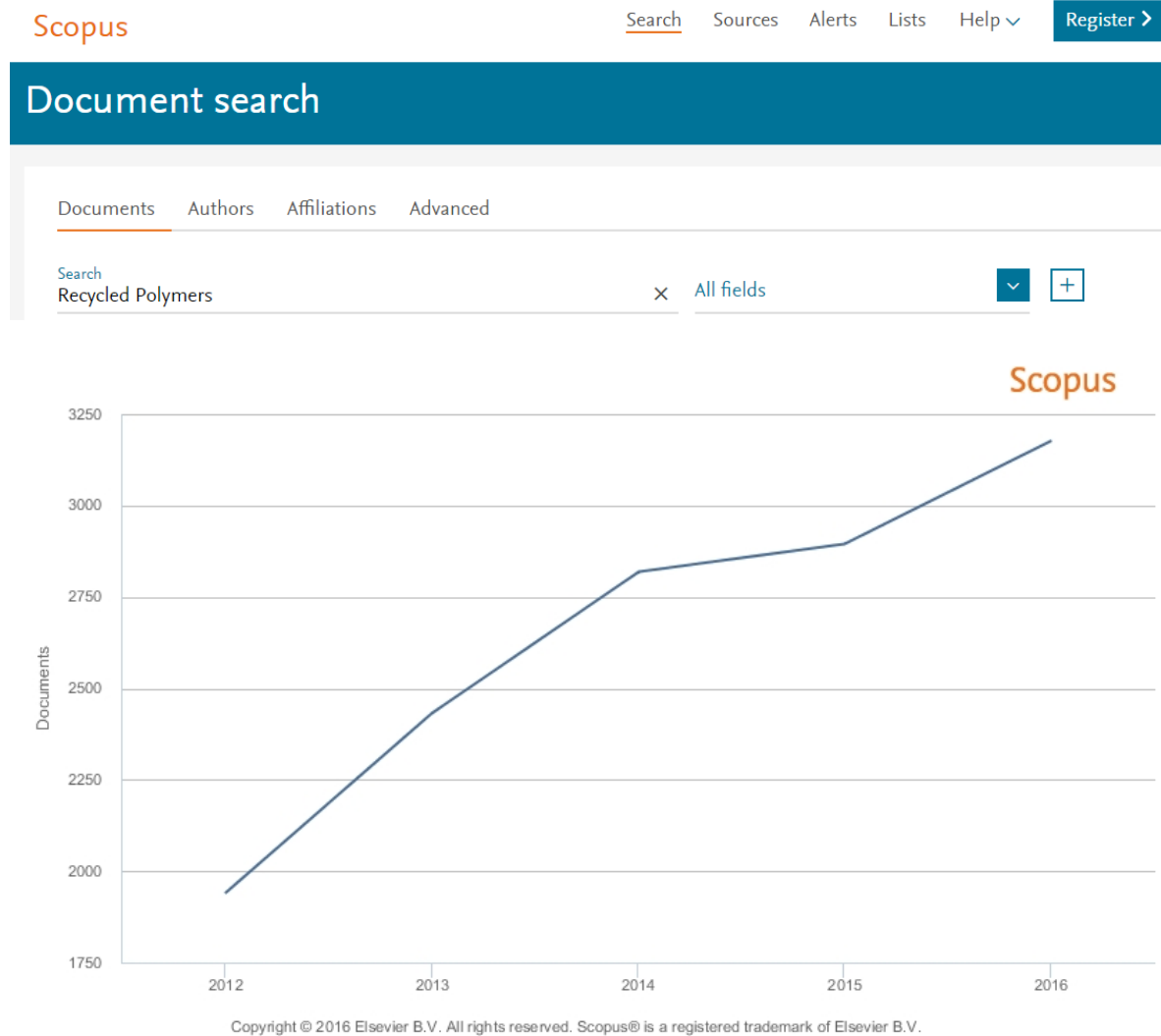
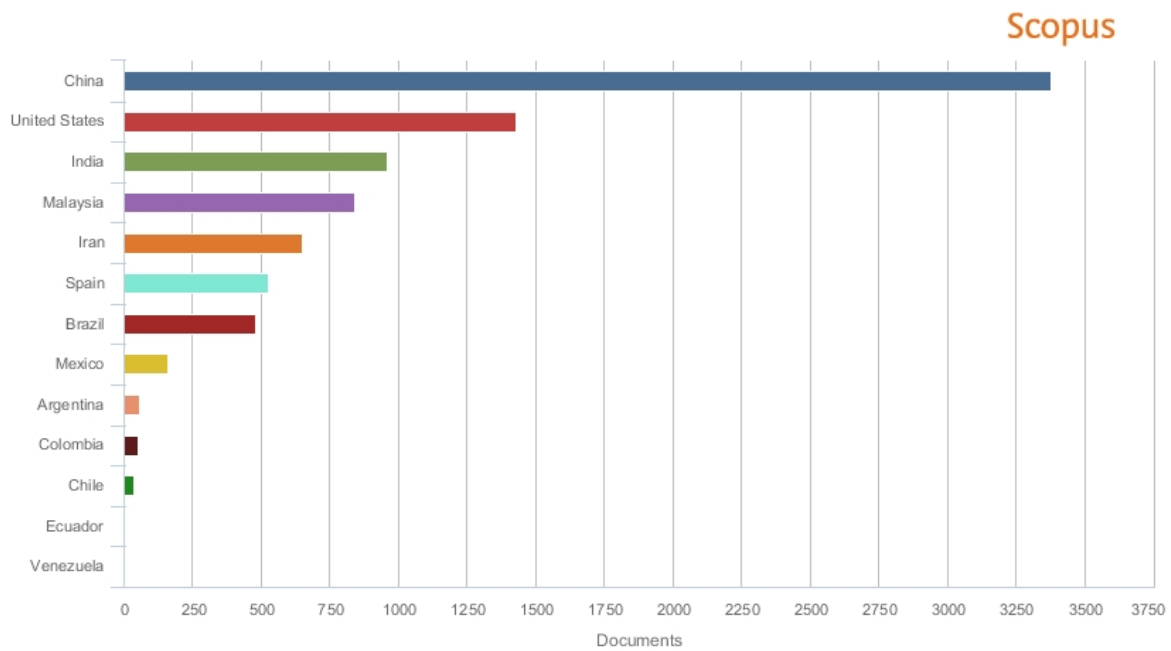


Figura 17. Publicación de documentos entre los años 2012 y 2016 para el termino: “Recycled Polymers”



Copyright © 2016 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

Figura 18. Análisis de resultados de documentos publicados en Suramérica y principales del resto del mundo, entre los años 2012 y 2016 para el termino: “Recycled Polymers”

- **Plastics Recycling**

Scopus
Search Sources Alerts Lists Help Register >

Document search

Documents Authors Affiliations Advanced

Search
Plastics Recycling

× All fields

▼ +

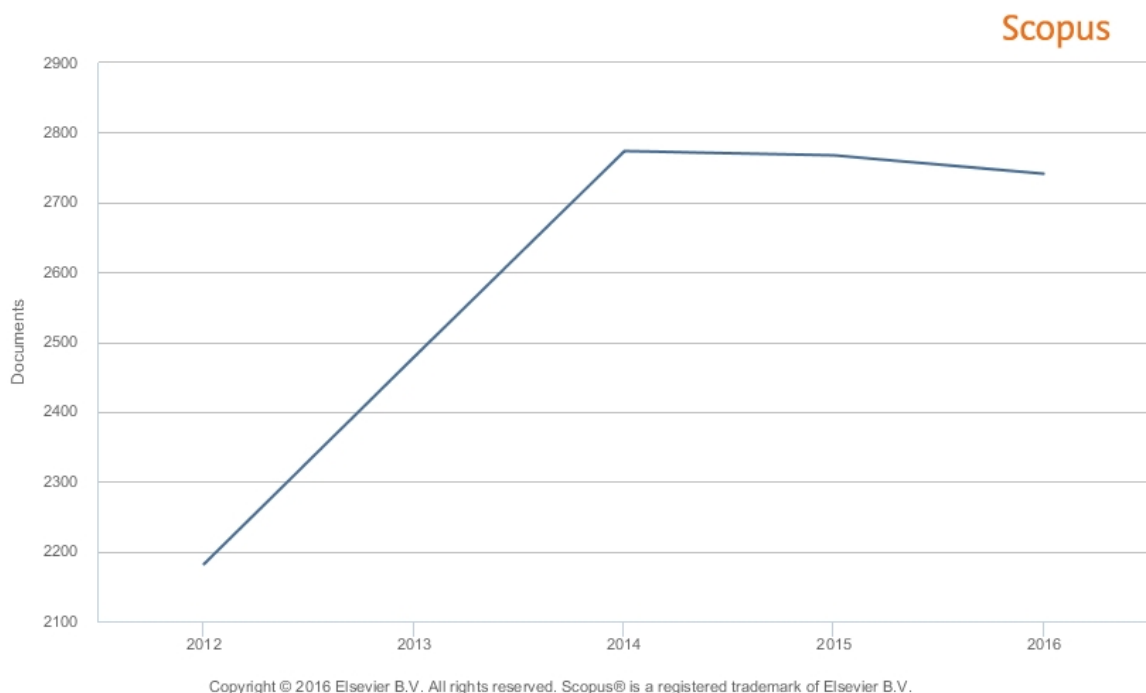


Figura 19. Publicación de documentos entre los años 2012 y 2016 para el termino: “Plastics Recycling”

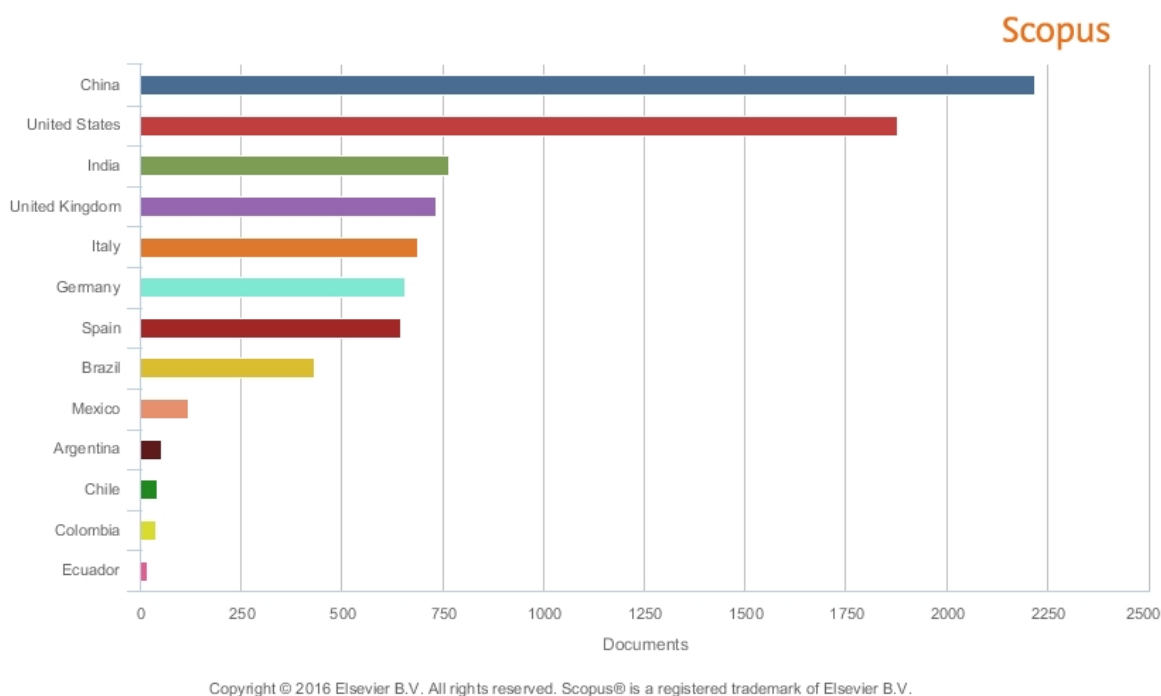


Figura 20. Análisis de resultados de documentos publicados en Suramérica y principales del resto del mundo, entre los años 2012 y 2016 para el termino: “Plastics Recycling”

A partir de los datos mostrados anteriormente se puede observar una fuerte correlación entre el número de artículos publicados por cada país y las patentes registradas, esta

tendencia es muy marcada en caso de China, país que lidera con número de patentes en los últimos 10 años y artículos publicados. Además de las tradicionales empresas de tecnología japonesa: Sharp y Panasonic Corp. (Matsushita) tiene el mayor número de patentes concedidas en el tema de reciclaje de plástico, seguidas por dos empresas que no pertenecen al continente asiático: Erema, que es una empresa productora de máquinas para el reciclaje de plástico y Krone AG, que es una empresa alemana productora de líneas de empaque para la industria de bebidas y alimentos.

En cuanto a la publicación de artículos China y USA, son los países líderes en investigación en reciclaje de plástico, y en la región suramericana Brasil es líder seguido por México, y finalmente Argentina, Chile y Colombia conforman un bloque con número cercano en publicación de artículos en reciclaje de plástico.

8. PROGRAMAS DE FORMACIÓN

Con este estudio se pretende desarrollar proyectos de diseño y desarrollo de maquinaria enfocados en el aprovechamiento de residuos plásticos vinculando a programas de formación como: TECNICO EN DISEÑO DE PRODUCTO, TECNOLOGO EN DISEÑO DE SISTEMAS MECANICOS CON CNC, TECNOLOGO EN AUTOMATIZACION INDUSTRIAL, TECNOLOGO EN MANTENIMIENTO MECANICO.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es un hecho la tendencia a incrementar los residuos provenientes del plástico, por esta razón es primordial la inversión pública y privada en métodos de reciclaje a pequeña y mediana escala, que permitan a los usuarios y mediana empresa reutilizar sus residuos incluso dentro de su mismo hogar o empresa. Esto claramente no es solo una decisión de carácter civil, sino más bien de orden legislativo que promueva el uso de plásticos de rápida degradación y sancione el uso de plásticos con baja tasa de reutilización.

Se observó una fuerte relación entre la producción científica y patentes, lo cual indica que muchas de las investigaciones no solo son de carácter teórico, sino que también resultan en productos patentados que en muchos casos ofrecen alternativas no exploradas y contribuyen al reciclaje de plástico en todas las escalas.

En Colombia el proceso de extracción de reciclaje es su mayoría es manual, pero este debe organizarse de acuerdo al tipo de material, que en gran parte también es manual. Esto abre posibilidades al desarrollo de productos no solo enfocados a la maquinaria para lograr el reciclaje, sino también a dispositivos de clasificación basados en tecnología.

10. BIBLIOGRAFÍA

- AENOR. (2011). AENOR: Norma UNE 166006:2011.
- ASTM D7209 - 06: Standard Guide for Waste Reduction, Resource Recovery, and Use of Recycled Polymeric Materials and Products.* (2006). West Conshohocken: ASTM International. Retrieved from <https://www.astm.org/Standards/D7209.htm>
- Bedeković, G., Salopek, B., & Sobota, I. (2011). ELECTROSTATIC SEPARATION OF PET/PVC MIXTURE. *Tehnički Vjesnik*, 18(2), 261–266. Retrieved from <http://hrcak.srce.hr/file/103761>
- Biron, M. (2016). Recycling: The First Source of Renewable Plastics. In *Industrial Applications of Renewable Plastics: Environmental, Technological, and Economic Advances* (1st ed., pp. 67–114). William Andrew. Retrieved from <https://www.elsevier.com/books/industrial-applications-of-renewable-plastics/biron/978-0-323-48065-9>
- Estudio nacional de reciclaje: Aproximación al mercado de reciclables y las experiencias significativas.* (2011). Retrieved from http://www.cempre.org.co/sites/default/files/3926-estudio_nacional_de_reciclaje_aproximacion_al_mercado_de_reciclables_y_las_experiencias_significativas_0.pdf
- Flores, R. (2013). Float/Sink Separation of PP and HDPE Berry Plastics -Leadership by Design Background. Retrieved December 27, 2016, from http://www.plasticsrecycling.org/images/pdf/Members-Only/October-2013-Greenville-Meeting-Presentations/Berry_PP_HDPE_Float_Sink_Sep.pdf
- How Plastic Recycling Equipment Works. (2009). Retrieved December 26, 2016, from <http://www.thomasnet.com/articles/plastics-rubber/plastic-recycling-equipment>
- Hunt, R., & Charter, M. (2016). Circular Ocean WP3. 1: potential applications of 3D printing (3DP) in the recycling of fishing nets & ropes (FNR's). Retrieved from http://www.research.ucreative.ac.uk/3276/1/MASTER_Final-W3P-3DP-27.07.16.pdf
- Ignatyev, I. A., Thielemans, W., & Vander Beke, B. (2014). Recycling of Polymers: A Review. *ChemSusChem*, 7(6), 1579–1593. <https://doi.org/10.1002/cssc.201300898>
- JC, A., ML, C., & Carrasco, C. (2012). La vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva en los estándares de gestión de la calidad en I+ D+ i. *6th International Conference on Industrial*. Retrieved from http://www.adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2012/SP_04_Gestion_Innovacion_Tecnologica_y_Organizativa/1162-1168.pdf
- Lopez-Molinero, A., Liñan, D., Sipiera, D., & Falcon, R. (2010). Chemometric interpretation of digital image colorimetry. Application for titanium determination in plastics. *Microchemical Journal*, 96(2), 380–385. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2010.06.013>
- Merrington, A. (2017). 9 – Recycling of Plastics. In *Applied Plastics Engineering Handbook* (pp. 167–189). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-39040-8.00009-2>

- Sevigné-Itoiz, E., Gasol, C. M., Rieradevall, J., & Gabarrell, X. (2015). Contribution of plastic waste recovery to greenhouse gas (GHG) savings in Spain. *Waste Management*, 46, 557–567. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.08.007>
- Siddique, R., Khatib, J., & Kaur, I. (2008). Use of recycled plastic in concrete: A review. *Waste Management*, 28(10), 1835–1852. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.09.011>
- Xiao, C., Allen, L., Biddle, M., & Fisher, M. (1999). Electrostatic separation and recovery of mixed plastics. *Society of Plastics Engineers (SPE)*. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.400.3561&rep=rep1&type=pdf>